VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTUTE

KOGENERACE

COGENERATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DAVID PAWLITKO

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR KRACÍK

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): David Pawlitko

který/která studuje **v bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Kogenerace

v anglickém jazyce:

Cogeneration

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Náplní práce je problematika kombinované výroby elektřiny a tepla.

Cíle bakalářské práce:

- popište hlavní principy a uplatnění kogenerace
- porovnejte různé druhy výroby elektřiny a tepla
- uveďte další možnosti úspory primárního paliva
- popište zákonné rámce, které mají vliv na cenu elektřiny a tepla

Seznam odborné literatury:

DVORSKÝ, Emil a Pavla HEJTMÁNKOVÁ. Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 281 s. ISBN 80-7300-118-7.
KRBEK, Jaroslav, Ladislav OCHRANA a Bohumil POLESNÝ. Zásobování teplem a kogenerace. Vyd. 1. Brno: PC-DIR Real, 1999, 143 s. ISBN 80-214-1347-6.
KRBEK, Jaroslav a Bohumil POLESNÝ. Kogenerační jednotky malého výkonu v komunálních a průmyslových tepelných zdrojích. 1. vyd. Brno: PC DIR, 1997, 100 s. ISBN 80-214-0889-8.
Firemní literatura

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Kracík

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 8.12.2012

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc. Ředitel ústavu	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c. Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou kogenerace. Na začátku práce jsou popsány hlavní principy a uplatnění kogenerace. Dále jsou uvedeny různé druhy výroby elektřiny a tepla včetně srovnání výhod a nevýhod dané technologie. Zmíněny jsou také další možnosti úspory primárního paliva. Práce obsahuje také českou a evropskou legislativou, vztahující se na kogeneraci, včetně některých změn, které přinášejí pro rok 2013. V závěru je zmínka o teplárenství v ČR a jeho aktuálních problémech.

KLÍČOVÁ SLOVA

kogenerace, kogenerační jednotka, centrální zásobování teplem, teplárenství, úspory primárního paliva

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the issue of cogeneration. At the beginning of the thesis, main principles and application of cogeneration are described. Further, various kinds of production of electricity and heat are introduced including comparison of advantages and disadvantages of concrete technology. Another possibility of primary fuel savings are presented too. Thesis also contains Czech and European legislation related to cogeneration, including some changes which bring for year 2013. At the end, heating industry in Czech Republic with its current problems is mentioned.

KEY WORDS

cogeneration, cogeneration unit, central heating, heating industry, primary fuel savings

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PAWLITKO, D. Kogenerace. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 39 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Kracík.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Kogenerace** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

David Pawlitko

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu Ing. Petru Kracíkovi za odborné rady a připomínky, které vedly k vytvoření této práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za finanční pomoc, bez které bych na této škole nemohl studovat a své přítelkyni za psychickou podporu během celého mého studia.

OBSAH

ÚVOD 9
1 HLAVNÍ PRINCIPY A UPLATNĚNÍ KOGENERACE 10
1.1 Definice kombinované výroby energií 10
1.2 Výhody a nevýhody kogenerace 10
1.3 Uplatnění kogenerace 11
1.4 Ekonomika provozu 13
1.5 Centralizované a decentralizované zásobování teplem 14
1.5.1 Centrální zásobování teplem 14
1.5.2 Decentralizované zásobování teplem 16
2 RŮZNÉ DRUHY VÝROBY ELEKTŘINY A TEPLA 17
2.1 Modul teplárenské výroby 17
2.2 Parametry primárních jednotek 17
2.3 Porovnání primárních jednotek 18
3 ÚSPORY PRIMÁRNÍHO PALIVA 20
3.1 Trigenerace 20
3.1.1 Odvedení výkonu na hřídeli turbíny 20
3.1.2 Výroba elektřiny, tepla a chladu 20
3.2 Mikrokogenerace 21
3.3 Instalace vhodného akumulačního zásobníku 22
4 ZÁKONNÉ RÁMCE PRO STANOVENÍ CENY ELEKTŘINY 23
4.1 Legislativa EU 23
4.1.1 Směrnice 2004/8/ES 23
4.1.2 Směrnice 2012/27/EU 23
4.1.3 Reálný dopad směrnice 2012/27/EU 24
4.2 Česká legislativa 25
4.2.1 Energetický zákon č. 458/2000 Sb. 25
4.2.2 Vyhláška č. 453/2012 sb. 26
4.2.3 Cenové rozhodnutí ERÚ č. 4/2012 27
4.2.4 Porovnání cenových rozhodnutí ERÚ č. 7/2011 a č. 4/2012 28
5 TEPLÁRENSTVÍ V ČR 29
5.1 Aktuální problémy v teplárenství 29
5.1.1 Znevýhodnění v konkurenci na trhu s teplem 29
5.1.2 Zajištění dostatku paliva 30
5.1.3 Vyhovění požadavkům směrnice o průmyslových emisích 31
5.1.4 Vytvoření dlouhodobě stabilního prostředí pro investice 31

5.2 Kritický scénář 31
ZÁVĚR 33
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 34
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK 37
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ 38
SEZNAM OBRÁZKŮ 39
SEZNAM TABULEK 39

ÚVOD

Jednou z cest, jak v současnosti zefektivnit výrobu energií a ušetřit primární palivo, je kogenerace neboli kombinovaná výroba energie a tepla (KVET). KVET není žádný objev současnosti, ale technologie, kterou využíváme přes 100 let. Nejčastěji se tato technologie využívá pro účely zásobování domů městských aglomerací tepelnou energií z centrálních soustav zásobování teplem (CZT). V ČR mají teplárenské soustavy s kombinovanou výrobou velkou tradici a do dneška patří k nejrozvinutějším v EU.

Kromě CZT má princip kogenerace dále uplatnění v menších kogeneračních jednotkách, které slouží k lokálnímu vytápění a výrobě elektřiny. V současné době došlo k rozvoji mikrokogeneračních jednotek, které se stávají čím dál dostupnějšími a najdou uplatnění například v rodinných domech. Největší tuzemskou firmou zaměřující se na výrobu kogeneračních jednotek je firma TEDOM, která patří v tomto oboru ke středoevropské špičce.

V úvodu své práce bych chtěl ukázat výhody a nevýhody kogenerace a dále místa, kde všude se může kogenerace uplatnit. Vzhledem k velkému výběru kogeneračních jednotek s různými druhy primárních jednotek, lze pro každou aplikaci najít to nejvhodnější řešení.

Dále v práci uvádím novou směrnici EU o energetické účinnosti, která má negativní dopad na konkurenceschopnost soustav CZT. Tato směrnice mimo jiné nařizuje investice pro dosažení povinných úspor tepla, což by podle odhadu mohlo u nás vyjít na více než 80 miliard korun.

Teplárenství se však potýká s řadou dalších problémů, o kterých se zmiňuji ve své práci. Od nedostatku paliva, znevýhodnění oproti lokálnímu vytápění, až po nefungující trh s emisními povolenkami a další. Neřešení těchto problémů by mohlo mít za následek až rozpad teplárenství u nás.

1 HLAVNÍ PRINCIPY A UPLATNĚNÍ KOGENERACE

1.1 Definice kombinované výroby energií

Kombinovaná výroba energií je společná, postupná nebo současná produkce konečných forem energií přeměněných z primární formy v transformačních řetězcích a připravených k využití u spotřebitele. Nejčastějšími formami koncových energií využívaných ve spotřebě jsou elektrická a tepelná energie. Takováto výroba se nazývá kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie neboli kogenerace z anglického co-generation. [3]

1.2 Výhody a nevýhody kogenerace

KVET může vzhledem k využívání jednoho primárního zdroje vstupujícího do transformačního řetězce výrazně přispět ke zvýšení účinnosti využívání primárních zdrojů oproti oddělené výrobě (ODV) elektrické a tepelné energie. Účinnost ODV je uvažována 85 % pro tepelnou energii a 35 % pro elektrickou energii (viz obr. 1). Celková účinnost oddělené výroby je přibližně 60 % a kombinované výroby 80 % (viz vztah (1) a (2)). [3]

$$\eta^{ODV} = \frac{\eta_E{}^{PAL} + \eta_T{}^{PAL}}{Q_{PAL} + Q_{PAL}} = \frac{35 + 85}{100 + 100} = 0{,}6 \quad [-] \tag{1}$$

$$\eta^{KVET} = \frac{\eta_{KVET,E}{}^{PAL} + \eta_{KVET,T}{}^{PAL}}{Q_{PAL}} = \frac{30 + 50}{100} = 0{,}8 \quad [-] \tag{2}$$

kde: η^{ODV} [-] - účinnost oddělené výroby,

$\eta_E{}^{PAL}$ [-] - účinnost transformace paliva při výrobě elektrické energie,

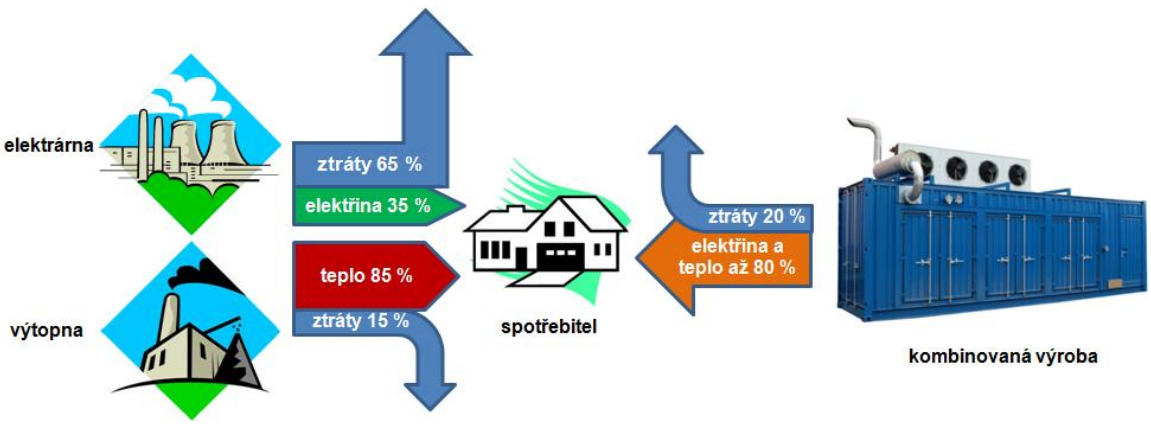
$\eta_T{}^{PAL}$ [-] - účinnost transformace paliva při výrobě tepelné energie,

η^{KVET} [-] - účinnost kombinované výroby,

$\eta_{KVET,E}{}^{PAL}$ [-] - účinnost transformace paliva při kogen. výrobě elektrické energie,

$\eta_{KVET,T}{}^{PAL}$ [-] - účinnost transformace paliva při kogen. výrobě tepelné energie,

Q_{PAL} [-] - množství paliva.



Obr. 1 Porovnání účinnosti výroby elektrické a tepelné energie.

Další výhody:

- možnost umístění výroby blízko místa energetického využití, což snižuje ztráty vzniklé přenosem a distribucí elektrické a tepelné energie,
- snadná napojitelnost na existující a plánované technologie v různých aplikacích v průmyslovém, komerčním a bytovém sektoru,
- výrazné omezení krytí požadované spotřeby z neobnovitelných energetických zdrojů a zvýšení podílu zdrojů obnovitelných,
- omezení znečištění životního prostředí,
- zvýšení konkurence mezi jednotlivými systémy energetického zásobování. [3]

Nevýhody:

- poměrně vysoké investiční náklady na zařízení,
- návratnost vložených finančních prostředků je závislá na využití vyrobeného tepla a elektrické energie,
- nutnost zajistit ochranu proti hluku. [3]

1.3 Uplatnění kogenerace

Kogenerace je vhodná všude tam, kde jsou celoroční nároky na odběr tepla, případně chladu (viz tab. 1). Předpokladem pro nasazení kogenerační jednotky (KJ) je využití veškerého vyrobeného tepla. Toho je možné dosáhnout i spojením kogenerační jednotky s vhodnou akumulační nádrží. V tomto případě KJ pracuje pouze ve špičce, kdy jsou nejvyšší příspěvky na elektřinu z kogenerace. Vyrobené teplo se akumuluje a využívá i v době, kdy jednotka není v provozu. [26] V letních měsících, kdy není potřeba vytápění, ale naopak chlazení, se může využít odpadní teplo ze spalovacího procesu v absorpčním okruhu ke chlazení (to už se jedná o tzv. trigeneraci). Tím se zvýší celková doba ročního chodu jednotky.

Tab. 1 Uplatnění KJ na různých místech.

Místo uplatnění	Výhody	Nevýhody	Vhodné jednotky a výkon
Rodinné domky a menší komplexy obytných budov	• velký potenciál pro uplatnění v budoucnu	• malá roční doba využití maximální potřeby tepla • velmi malá potřeba tepla vůči potřebě elektřiny • vysoká cena malých kogeneračních jednotek	• malé spalovací motory • Stirlingovy motory • mikroturbíny • palivové články • pro běžné rodinné domy výkon 1 – 10 kWe a do 10 kWt
Hotely a penziony	• velká potřeba tepla pro vytápění a klimatizaci • celoročně trvající potřeba teplé užitkové vody (TUV) • rovnoměrně rozložená velká spotřeba elektřiny • využití tepla pro ohřev hotelového bazénu	• menší využití tepla v letních měsících	• malé spalovací motory • menší kogenerační jednotky • 15 – 80 kWe

Místo uplatnění	Výhody	Nevýhody	Vhodné jednotky a výkon
Nemocnice	• velká potřeba tepla pro vytápění a klimatizaci • celoročně trvající potřeba TUV • rovnoměrně rozložená velká spotřeba elektřiny • díky KJ možnost nouzového provozu při výpadku sítě • kvalitní pracovníci pro údržbu a provoz energetických jednotek	• o něco menší spotřeba o víkendech	• spalovací motory • 15 – 500 kWe
Internáty a vysokoškolské koleje	• vysoká potřeba tepla i elektřiny během všedních dnů	• malá spotřeba o víkendu • velmi malá spotřeba během školních prázdnin	• spalovací motory • 15 – 100 kWe
Školy a administrativní budovy	• velká potřeba elektřiny během všedních dnů	• celoročně malá potřeba TUV • malá spotřeba o víkendech • velmi malá spotřeba během školních prázdnin	• spalovací motory • 15 – 100 kWe
Multifunkční a sportovní centra	• vysoká celoroční potřeba elektrické energie i tepla během 12-ti až 14-ti hodin denně • potřeba tepla pro ohřev vody v bazénu, sprchy, ventilaci, vytápění atd. • potřeba elektrické energie pro osvětlení, pohon čerpadel, saunu atd.	• po zavírací době menší spotřeba energií	• spalovací motory • 15 – 200 kWe
Obchodní domy	• značná potřeba tepla pro vytápění a klimatizaci • velká potřeba elektřiny pro osvětlení, ventilátory a klimatizaci	• po zavírací době menší spotřeba energií	• spalovací motory • 15 – 100 kWe
Průmyslové podniky	• vhodné do závodu s vícesměnným provozem a s větší potřebou tepla pro technologii	• méně výhodné pro jednosměnné provozy	• spalovací motory
Tepelné zdroje CZT	• potřeba tepla v otopné sezóně (220 – 250 dnů v roce)	• vznik tepelných ztrát v primární a často i v sekundární rozvodné síti	• parní turbíny • plynové turbíny • od několika MW při zásobování menších sídlišť po mnoho desítek MW ve velkých městských aglomeracích
Čistírny odpadních vod	• spaluje se kalový plyn • teplo se využívá pro vyhřívání čistírenského kalu • elektřina se spotřebuje pro pohon agregátů čistírny	• nemá žádnou výraznou nevýhodu	• spalovací motory • spalovací turbíny • 50 – 200 kWe

Místo uplatnění	Výhody	Nevýhody	Vhodné jednotky a výkon
Spalovny komunálního odpadu	• náhrada klesající produkce hnědého uhlí • výhřevnost odpadu zhruba dosahuje výhřevnosti hnědého uhlí • omezení záboru zemědělské půdy	• proti budování spaloven protestuje spousta občanů měst a obcí, a to kvůli obavám ze zhoršení kvality ovzduší	• parní turbíny malého výkonu • spalovací motory • spalovací turbíny • od několika MW po mnoho desítek MW
Bioplynové stanice	• výhodné výkupní ceny elektřiny z bioplynu • část vyrobené elektřiny pro vlastní provoz, zbytek se dá prodat do sítě • teplo lze využít pro dosoušení obilí, dřeva atd.	• zápach z bioplynových stanic může obtěžovat okolí	• parní turbíny malého výkonu • spalovací motory • spalovací turbíny
Doly	• pokrytí energetických požadavků při těžbě uhlí a zajištění vytápění • zvýšení bezpečnosti práce na pracovišti (z důvodu odčerpávání degazačního plynu) • snížení emisí metanu do ovzduší	• nemožnost využití tepla v odlehlých lokalitách uzavřených jam	• spalovací motory
Skládky komunálního odpadu	• snižování emisí skleníkových plynů (zejména metanu)	• 90 % objemu skládek komunálního odpadu u nás je již energeticky využíváno a kapacity skládek se jen tak nenavyšují, z čehož plyne malá možnost uplatnění nových KJ • nutná úprava skládkového plynu vede ke zvýšení nákladů	• spalovací motory

1.4 Ekonomika provozu

Tam, kde má KJ doplnit nebo nahradit stávající zdroj tepla (například kotel), bývá rozhodujícím parametrem snížení nákladů na energie díky krytí vlastní spotřeby elektřiny. Při tom je nutné mít odbyt na vyrobené teplo (případně chlad), neboť je ho výrazně více než elektrické energie.

Elektřinu z kogenerační jednotky je také možné prodat do veřejné sítě. Provozovatel distribuční soustavy (ČEZ, E.ON, PRE) je povinen tuto elektřinu vykoupit, jsou-li dodrženy technické podmínky. Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů je podporována formou výkupních cen a zelených bonusů. Výši výkupní ceny a zelených bonusů předepisuje pro každý rok zvlášť Energetický regulační úřad (ERÚ). Cenové rozhodnutí pro rok 2013 je v kap. 4.2.3. Cena se liší podle druhu paliva a velikosti zařízení. Pokud chceme elektřinu, případně teplo prodávat, je nutné získat licenci pro podnikání v energetice, kterou vydává ERÚ (licence nahrazuje živnostenský list). [4]

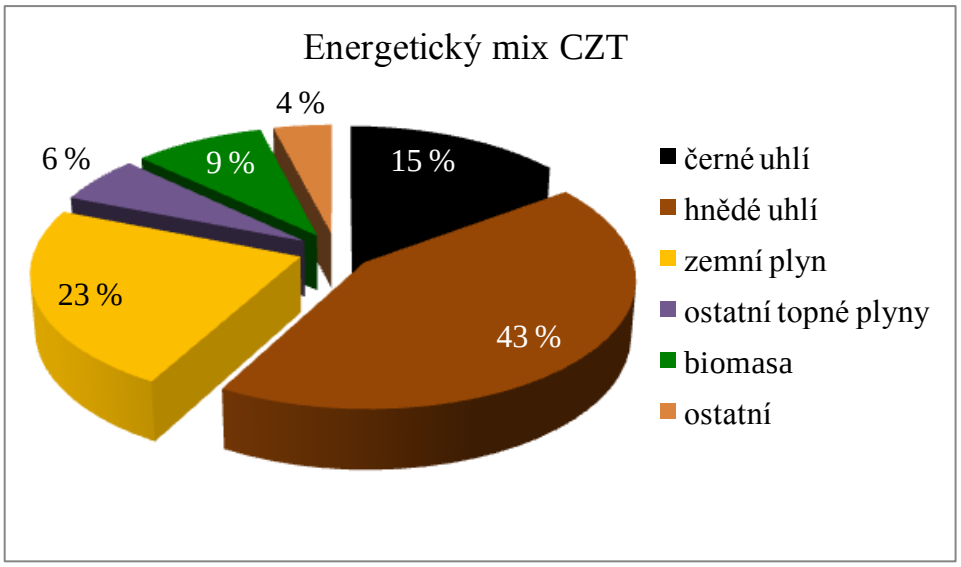
1.5 Centralizované a decentralizované zásobování teplem

Potřeby tepla v ČR (v roce 2008 ve výši cca 330 PJ) pro výrobní sektory (průmysl, stavebnictví, zemědělství a další výrobní sektory) a pro veřejný sektor (domácnosti, služby) zajišťuje jeho centralizovaná a decentralizovaná výroba. Každá z nich přibližně polovinu. Na tuto celkovou výrobu tepla se spotřebovává přibližně 450 PJ primárních zdrojů, což činí přibližně 25 % celkové spotřeby primárních energetických zdrojů v ČR (v roce 2008 ve výši 1 830 PJ). [23]

1.5.1 Centrální zásobování teplem

CZT je charakterizováno existencí více či méně rozsáhlých tepelných sítí, spojujících jeden anebo více zdrojů tepla se spotřebiči, tedy odběrateli tepelné energie (viz obr. 3). [10]

U CZT v energetickém mixu (viz obr. 2) převládá zřetelně domácí hnědé a černé uhlí (ve vsazeném palivu v roce 2008 na výrobu tepla v celkové výši 226 PJ připadá na uhlí 58 %, v tom na hnědé uhlí 43 % a na černé uhlí 15 %), následované zemním plynem (téměř 23%), biomasou (téměř 9 %) a ostatními topnými plyny (cca 6 %). [23]



Obr. 2 CZT podle druhů paliv v roce 2008 [23].

K dopravě tepla k odběrateli slouží technologické zařízení nazvané podle média, které se přenáší. Mohou to být buď teplovody, horkovody nebo parovody.

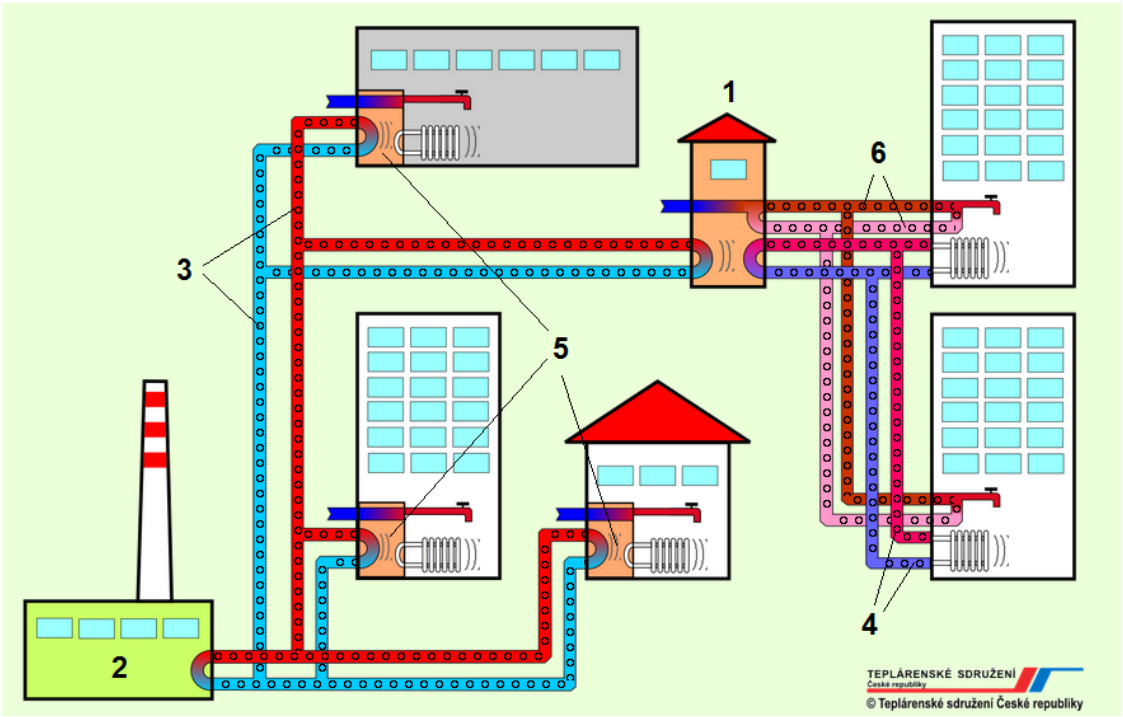
Teplovody: Voda v teplovodech dosahuje max. 110 °C a tlaku 1,6 MPa. V některých případech je teplota snížena na 95 °C a tlak na 0,6 MPa. To umožňuje přímé napojení spotřebitelských zařízení bez nutnosti využívat předávací stanice.

Horkovody: K přepravě horké vody jsou zapotřebí oběhová čerpadla, která jsou zpravidla umístěna v teplárně. Tlak vody dosahuje až 2,5 MPa. Voda je ohřívána maximálně na 180 °C a distribuována tepelně izolovanými horkovody přímo k odběratelům, nebo do předávacích stanic. Voda, která již předala své teplo, se vrací zpět do teplárny, kde se opět ohřeje a celý cyklus se opakuje.

Parovody: Výhodou páry je její tlaková energie, která zajišťuje její proudění v potrubí. Teplota páry v parovodech je maximálně 240 °C a tlak dosahuje až 1,8 MPa. Parovody jsou, stejně jako ostatní dopravníky tepla, tepelně izolované, aby se ztráty tepla snížily na

minimum. Z parovodů se čerpá buď přímo pára pro technologické účely, nebo se v předávacích stanicích upraví její parametry a slouží k vytápění či jako TUV (po ochlazení).

Jelikož není možné pouštět do vodovodů a topení v domech páru či vodu teplejší než 95 °C, je třeba teplotu upravit. Pokud by totiž teplotu 95 °C a méně mělo teplonosné médium již na výstupu z teplárny, tak by teplota klesla na příliš nízkou hodnotu. K tomuto účelu slouží předávací stanice (výměníky). Ve výměnících je voda ohřívána v samostatném okruhu a koluje mezi předávací stanicí a spotřebitelem. K ohřevu vody ve výměnících se používá teplonosné médium proudící z teplárny. [28] Voda je výhodnějším dopravním médiem než pára. Všeobecně platí, že tam, kde slouží dálkové zásobování teplem výlučně pro vytápění a ohřev užitkové vody, bude jako teplonosná látka výhodnější voda než pára.



Obr. 3 Soustava CZT [24].

Legenda: *1 – výměníková stanice, 2 – zdroj tepla, 3 – primární okruh, 4 – sekundární okruh, 5 – domovní (bytová) výměníková stanice, 6 – rozvod teplé užitkové vody.*

Výhody CZT:

- tepelné zdroje mají větší jednotkový výkon,
- v tepelných zdrojích mohou být vždy uplatněna kogenerační zařízení,
- tepelné zdroje mohou být vybaveny účinným zařízením na zmenšování škodlivých emisí,
- tepelné zdroje mohou být situovány dále od husté obytné zástavby a navíc mohou být vybaveny vysokým komínem rozptylujícím emise do širšího okolí,
- je možné dosažení tepelně technických a ekologických ukazatelů i při použití uhlí jako paliva oproti malým lokálním zdrojům.

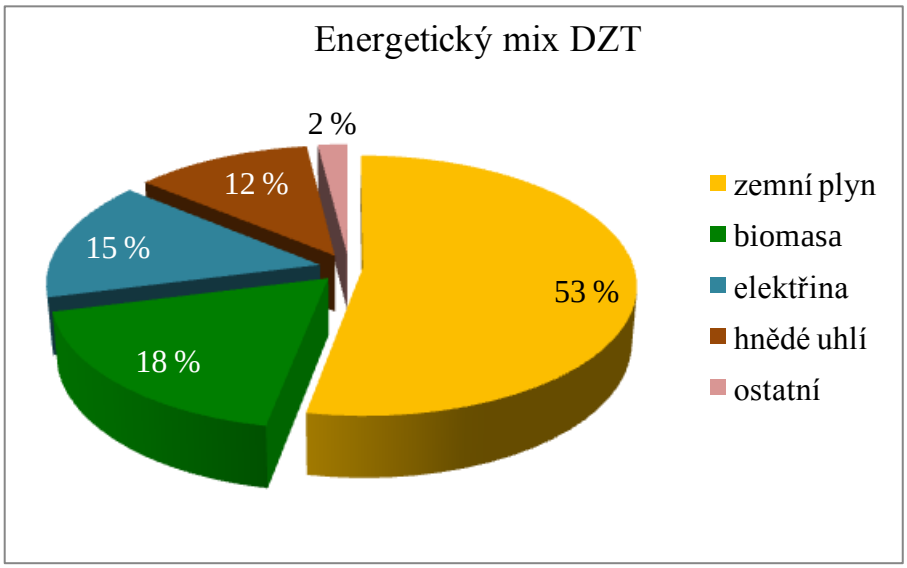
Nevýhody CZT:

- nutnost výstavby nákladné tepelné sítě,
- vznik tepelných ztrát v primární a často i v sekundární rozvodné síti,
- potřeba čerpací práce pro transport pracovní látky,
- potřeba údržby rozsáhlé tepelné sítě. [10]

1.5.2 Decentralizované zásobování teplem

Při decentralizovaném (lokálním) zásobováním teplem (DZT) je teplo do prostor spotřebitele dodáváno buď pomocí individuálních topidel, nebo pomocí ústředního vytápění. Individuální topidla (na plyn, tuhá či kapalná paliva) dodávají teplo do jedné místnosti. Při ústředním vytápění se teplo dodává do více místností téhož objektu z jednoho tepelného zdroje, avšak bez existence větších externích rozvodů. Tepelné zdroje při ústředním vytápění mohou být výtopenské i kogenerační. Z ekonomických důvodů při tom nemůže být potřeba tepla zajišťována jen kogeneračním zařízením. Pokud je takovéto zařízení použito, musí být doplněno jednoduchými kotli, tvořícími zálohu tepelného výkonu a pracujícími v období největších potřebných tepelných výkonů. [10]

U DZT v energetickém mixu (viz obr. 4) převládá zemní plyn (53 %), následovaný biomasou (18 %), elektřinou (15 %) a hnědým uhlím (12 %). Údaje pocházejí ze studie z roku 2008. [23]



Obr. 4 DZT podle druhů paliv v roce 2008 [23].

2 RŮZNÉ DRUHY VÝROBY ELEKTŘINY A TEPLA

2.1 Modul teplárenské výroby

S výrobou elektřiny a tepla souvisí modul teplárenské výroby. Teplárenský modul KVET je definován jako podíl výroby elektřiny k výrobě užitečného tepla v zařízení KVET za určité časové období (viz vztah (3)). [8] To znamená, že čím větší je modul teplárenské výroby pro danou kogenerační technologii, tím se vyrobí více elektřiny při výrobě daného množství tepla.

$$\sigma = \frac{E_{KVET}}{Q_{KVET}} \quad [-] \qquad (3)$$

kde: σ [-] - teplárenský modul,
E_{KVET} [GJ, MWh] - elektřina vyrobená v procesu KVET,
Q_{KVET} [GJ, MWh] - teplo vyrobené v procesu KVET. [8]

2.2 Parametry primárních jednotek

Provozní parametry KJ s jednotlivými typy primárních jednotek (PJ) jsou uvedeny v tab. 2Tab. 2. V tabulce jsou uvedeny mimo jiné rozsahy výkonů pro běžné jednotky. Horní mez rozsahu výkonů se může výrazně lišit zvláště u parních a plynových turbín. Jako palivo PJ je uvažován zemní plyn.

Tab. 2 Parametry PJ využívaných pro KJ [3].

Typ PJ	Elektrický výkon	Pohotovost	Elektrická účinnost [%]		Celková účinnost	Modul teplárenské výroby
	[MW]	[%]	$P_{E,n}$	0,5 $P_{E,n}$	[%]	[-]
Palivové články	0,004 – 50	90 – 92	37 – 45	37 – 45	85 – 90	0,8 – 1,0
Parní turbína	0,5 – 100	90 – 95	14 – 35	12 – 28	60 – 85	0,1 – 0,5
ORC	0,3 – 1,8	90 – 94	15 – 20	15 – 20	65 – 85	0,1 – 0,3
Plynová turbína	0,1 – 100	90 – 95	25 – 40	18 – 30	60 – 85	0,5 – 0,8
Mikroturbína	0,025 – 0,25	90 – 95	30 – 40	20 – 30	65 – 85	0,6 – 0,85
Stirlingův motor	0,003 – 1,5	85 – 90	35 – 50	34 – 49	60 – 80	1,2 – 1,7
Vznětový motor	0,07 – 50	80 – 90	35 – 45	32 – 40	60 – 85	0,8 – 1,4
Zážehový motor	0,015 – 2	80 – 85	27 – 40	25 – 35	60 – 80	0,5 – 0,7

2.3 Porovnání primárních jednotek

Nejpoužívanější PJ v kogeneraci je spalovací motor (viz obr. 5). KJ menších výkonů (do 100 kW) bývají většinou vybaveny asynchronními generátory pro paralelní provoz se sítí. KJ větších výkonů se synchronními generátory mají vyšší účinnost. Mohou pracovat nejen paralelně se sítí, ale i nezávisle na ní. Jejich využití je širší a používají se jako nouzové zdroje elektrické energie, v případě výpadku její dodávky.

Každá KJ je vybavena samočinnou regulací provozu, jejíž funkce a rozsah závisí na velikosti výkonu motoru. U malých zařízení se jedná jen o automatický start, odstavení a nejčastěji dvoustupňové zatěžování. Velká zařízení mají monitorovací systém, který řídí provoz podle potřeby tepla i elektrické energie odběratele. Provoz KJ bývá bezobslužný, je nutná pouze denní kontrola pravidelnosti chodu. [9]

Obr. 5 Příklad kogenerační jednotky se spalovacím motorem [26].

V tab. 3 je uvedeno porovnání hlavních výhod a nevýhod, a vhodnost použití PJ s ohledem na možnost jejich využití pro KVET. Mezi poměrně nové a v praxi ne tolik využívané PJ patří organický Rankinův cyklus (ORC), palivové články a Stirlingův motor. Jejich většímu rozšíření zatím brání vysoká pořizovací cena.

Tab. 3 Porovnání PJ využívaných pro KJ [3, 8].

Typ PJ	Výhody	Nevýhody	Vhodnost použití
Parní turbíny	• vysoká celková účinnost • možnost použití všech druhů paliv • velké výkonové rozpětí • dlouhá životnost • změna modulu teplárenské výroby během provozu	• nízký teplárenský modul • pomalý start • vysoké náklady	• v teplárnách a elektrárnách • místa s požadavkem na páru o vysokých parametrech pro technologické účely
Plynové turbíny	• relativně nízké investiční náklady • vysoká spolehlivost • není nutná chladící voda • velký rozsah využití paliv • schopnost kombinování paliv • nízké emise	• malý počet vyráběných výkonů ve výkonovém rozmezí • vysoká hlučnost • malá účinnost při nízkém zatížení • delší doba nájezdu	• v teplárnách a elektrárnách • místa s velkou potřebou středotlaké nebo vysokotlaké páry nebo horké vody
Mikroturbíny	• vysoká spolehlivost v důsledku malého počtu rotujících částic • velmi nízké náklady na údržbu • přijatelná hladina hluku • malé rozměry a hmotnost • výrazně nižší emise	• vysoké pořizovací náklady • relativně nízká elektrická účinnost	• do budoucna všude tam, kde se dosud nasazují menší KJ s pístovými spalovacími motory • rodinné domy
Spalovací motory	• rychlý startovací čas na plný výkon • možnost použití v ostrovním provozu • relativně vysoká účinnost výroby elektrické energie i u výkonově menších jednotek • možnost četných a rychlých startů nebo odstávek • široká síť prodejního a servisního zázemí	• vysoký teplárenský modul u vznětového motoru • velké hodnoty hluku • musí být chlazeny, i když se nevyužívá teplo • vysoké náklady na údržbu • vznik emisí NOx a CO	• místa se současnou potřebou tepla v teplé vodě a potřebou elektrické energie v nižších napěťových hladinách
ORC	• možnost využití nízkopotencionálního tepla • dlouhodobá životnost • využití biomasy a obnovitelných zdrojů • malá citlivost na změnu zatížení	• pomalý start • vysoké investiční náklady • nutnost pokrývání špičkového tepelného zatížení z jiného zdroje	• pro výrobu elektrické energie v menších a středních zdrojích spalujících biomasu
Stirlingův motor	• využití prakticky jakéhokoliv paliva • menší počet třecích pohyblivých částí • výrazně nižší servisní náklady • není potřeba dodatečný zdroj tepla • výroba elektrické energie není závislá na výrobě tepla • nízké emise	• nízká mechanická účinnost ve výkonovém rozmezí 350 – 800 W • vysoké investiční náklady	• místa s vyššími nároky na nehlučnost chodu • tam, kde je k dispozici levný zdroj vysokopotenciální tepelné energie
Palivové články	• nízké emise a hluk • vysoká účinnost v celém pásmu zatížení	• náklady • nízká životnost • dlouhá startovací doba • korozivní účinky při použití tekutých elektrolytů	• rodinné domy, velké budovy a komplexy budov • pohon automobilů • všude tam, kde se v současné době používají akumulátory a baterie

3 ÚSPORY PRIMÁRNÍHO PALIVA

Úspora paliva je jedno z nejdůležitějších celospolečenských hledisek podporující kogenerační technologie. Vzhledem k výraznému růstu nákladů na energie (zemní plyn, topná nafta, černé i hnědé uhlí) je celosvětovou prioritou maximální využití vstupních energií primárních paliv. [3]

3.1 Trigenerace

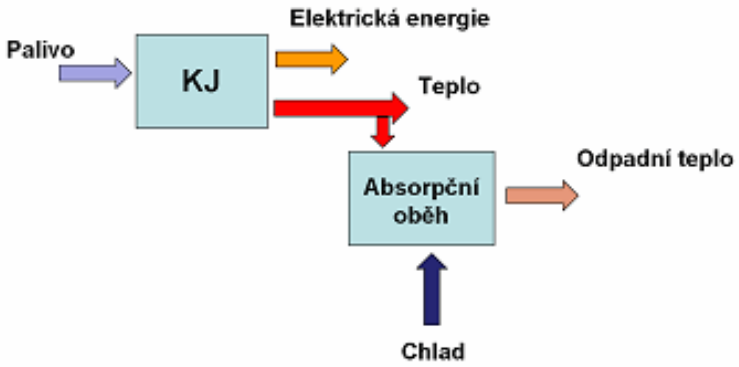
Trigenerací je myšleno jednak využití odvedeného tepla pro výrobu chladu, ale může to být také využití odvedeného výkonu na hřídeli turbíny.

3.1.1 Odvedení výkonu na hřídeli turbíny

Odvedený výkon na hřídeli turbíny může být použit na různé technologie například na pohon napájecího čerpadla o velkých výkonech. Takovému napájecímu čerpadlu se říká turbonapáječka. Výkon z hřídele turbíny se přenáší přes zubovou spojku na hřídel napájecího čerpadla. Hlavní výhodou turbonápaječky je nezávislost na elektrické energii (nesnižuje množství vyrobené energie). Použitím turbonapáječky místo elektronapáječky (poháněna elektrickou energií) dojde ke snížení spotřeby elektrické energie a ke zvýšení účinnosti teplárny. Velké elektrárny obsahují jak turbonapáječky, tak i elektronapáječky. Elektronapáječka se používá při náběhu výrobního bloku a dále slouží jako záloha, zatímco turbonapáječky pracují po většinu času. [7]

3.1.2 Výroba elektřiny, tepla a chladu

V tomto případě se trigenerací popisuje výroba tří různých forem energie. Tento popis je vhodný z obchodního a bilančního hlediska, kdy se dá výroba rozčlenit na tři druhy komodit. Ovšem dle termodynamických zákonů není toto označení vhodné. Transformací se totiž nedá získávat chlad, ale lze pouze provádět odvod tepla z jiné látky pomocí levotočivých tepelných oběhů. Tento tepelný oběh je realizován v absorpční chladící jednotce (viz obr. 6). [3]



Obr. 6 Schéma trigeneračního systému [18].

S potřebou produkce chladu se setkáváme v řadě oborů. Zcela nezbytnou je produkce chladu při skladování a výrobě potravin, provozu vybraných technologií, zajištění provozu sportovišť s ledovou plochou a zajištění pohody prostředí v moderních obchodních a administrativních budovách. Právě problematika vnitřního klimatu budov představuje sektor s dynamickým rozvojem a intenzivním nárůstem potřeby chlazení.

Pokud sledujeme ekonomický přínos uplatnění trigeneračních jednotek, je nutné zhodnotit potřebu dodávky chladu v našich podmínkách. Detailní hodnocení je třeba provést pro každý objekt dle platné normy. Zde je několik obecných charakteristik:

- maximální požadovaný chladicí výkon je blízký 80 % výpočtového tepelného výkonu na vytápění,
- roční potřeba chladu odpovídá cca 25 % roční potřeby tepla,
- meziroční srovnání jednotlivých chladících sezón vykazuje výrazně větší variabilitu, než vykazuje srovnání sezón topných.

Z ekonomického hlediska představuje nasazení trigenerační technologie ve srovnání s pořízením technologie kogenerační značné navýšení investičních nákladů v okamžiku pořízení. V průběhu provozu potom dochází k větším úsporám za dodávku energií. Srovnání doby návratnosti kogenerační a trigenerační technologie uplatněné v konkrétních podmínkách ukazuje, že doplnění kogenerační technologie o absorpční chladicí jednotku nijak zásadně neovlivňuje dobu návratnosti, ale poskytuje investorovi možnost větších zisků (úměrně zvýšení investice) dosažených za dobu životnosti zařízení. [18]

3.2 Mikrokogenerace

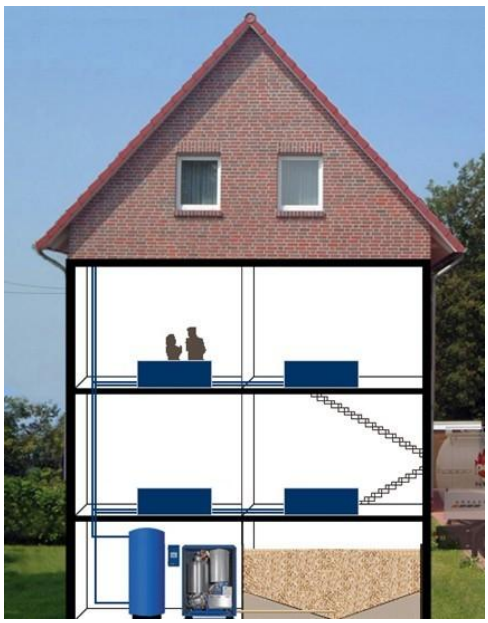
Jako mikrokogenerace se označuje KVET v zařízeních do 50 kW elektrického výkonu. V mikrokogenerační jednotce vzniká elektrická energie roztočením elektrického generátoru například pomocí pístového spalovacího motoru.

Teplo, které se ve spalovacím motoru uvolňuje, je prostřednictvím chlazení motoru, oleje a spalin efektivně využíváno a díky tomu se účinnost mikrokogeneračních jednotek pohybuje v rozmezí 90 – 97 %. Mikrokogenerace představuje alternativu pro běžné kotelny, dále přináší snížení provozních nákladů při výrobě tepla a vede k vysoce efektivnímu nakládání s energiemi. Jejímu širšímu uplatnění například v běžných rodinných domech (viz obr. 7Obr. 7) zatím brání zejména vysoká pořizovací cena zařízení a v minulých letech také nedostatečná nabídka mikrokogeneračních jednotek o malých výkonech. [2]

Pro instalaci kogenerační jednotky o malém výkonu (do 1 MW_E) není zapotřebí zvláštní povolovací proces. Pro stavbu jednotky je však potřeba zajistit standardní stavební povolení. Pokud se KJ buduje v již stojícím objektu, provádí šetření na místně příslušný stavební úřad. U nových staveb je systém součástí stavebního řízení na objekty, které bude zásobovat elektřinou nebo teplem. [20]

Mikrokogenerace byla zatím z technických důvodů spojována nejčastěji se spalovacími plynovými motory. Při hledání levnějších variant zapojení a nižších nákladů na provoz se v poslední době objevují systémy s použitím automatických tepelných zdrojů malých výkonů na levnější druh paliva (například biomasa). Na trhu se začaly objevovat zatím investičně náročné, ale již plně funkční systémy propojení například automatického kotle na pelety se Stirlingovým motorem.

Princip konstrukce Stirlingova motoru (viz obr. 8) spočívá ve dvou komorách o stejném tlaku a různé teplotě pracovní látky, které jsou odděleny písty. Plyn v obou komorách Stirlingova motoru je střídavě ohříván a chlazen vnějším ohřívačem a chladičem. Mezi ohřívačem a chladičem se pro zvýšení účinnosti zařazuje regenerátor, který akumuluje teplo plynu přecházejícího z ohřívače do chladiče a naopak. Pohyb pístu se v integrovaném generátoru přeměňuje na elektrickou energii, odpadní teplo se využívá k vyhřívání místností a přípravě teplé vody. [25]



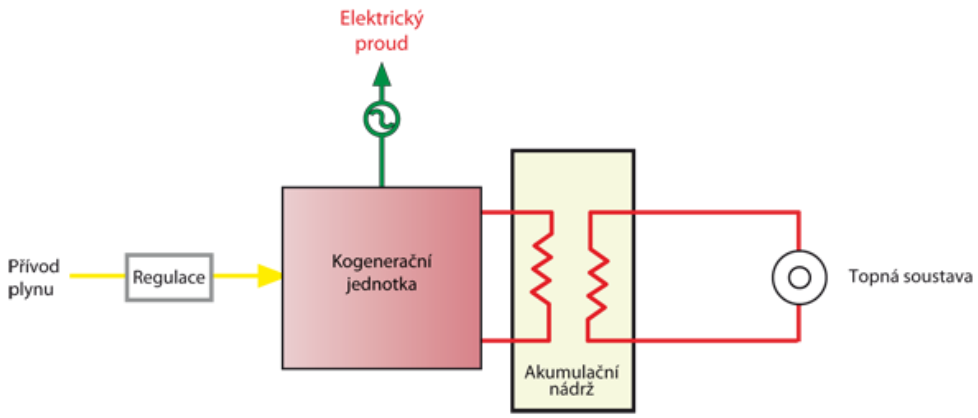
Obr. 7 Umístění KJ v rodinném domě [25].

Obr. 8 Stirlingův motor s automatickým kotlem na pelety [25].

3.3 Instalace vhodného akumulačního zásobníku

Teplo, které vzniká při provozu KJ, je určeno pro pokrytí potřeb spotřebitele. Ne vždy jsou ale požadavky na dodávky tepla a elektřiny v průběhu dne shodné. Proto je vyrobené teplo uchováváno v akumulačním zásobníku. Ten je schopen překlenout období, kdy je KJ odstavena. To bývá většinou naplánováno na noční hodiny, kdy je spotřeba elektrické energie nízká a je připraveno k odběru ve špičkách odběru tepla.

Teplá voda proudící z jednotky je vedena přes výměník umístěný v akumulační nádrži (primární okruh). Zde předává teplo kapalině v akumulační nádrži. Druhým výměníkem je pak teplo z nádrže předáváno do topné soustavy (viz obr. 9). Tento systém umožňuje dodávku tepla do topné soustavy v době, kdy není v provozu KJ. Druhým důvodem umístění je možnost nasadit kogenerační jednotku v topných systémech, které mají rozdílné tepelné spády mezi topnou soustavou a kogenerační jednotkou. Velikost akumulační nádrže se volí individuálně podle potřeby. Optimalizací provozní doby kogenerační jednotky lze zajistit minimalizaci nákladů na energie. [20]



Obr. 9 Schéma připojení akumulační nádrže [20].

4 ZÁKONNÉ RÁMCE PRO STANOVENÍ CENY ELEKTŘINY

4.1 Legislativa EU

Primárním cílem evropské energetické politiky je zabezpečit stabilní dodávky energie a zároveň spotřebitelům umožnit nakupovat elektrickou energii, plyn a pohonné hmoty za dostupné ceny s upřednostněním využívání obnovitelných zdrojů energie, a to vše při dodržování ochrany životního prostředí. Energetika je jako jeden z klíčových sektorů evropské ekonomiky životně důležitá pro konkurenceschopnost a dále pro naplňování závazků vyplývajících z Kjótského protokolu. Rovněž významná je i z hlediska zajištění evropské bezpečnosti. [1]

4.1.1 Směrnice 2004/8/ES

EU vytvořila specifický právní rámec na podporu vysoce účinné kombinované výroby elektřiny a tepla – směrnici 2004/8/ES, která stanovuje zásady, podpůrné programy, záruky původu, povinnost členských států podávat zprávy. [31]

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/8/ES pochází ze dne 11. února 2004. Je to směrnice o podpoře kombinované výroby tepla a elektřiny založené na poptávce po užitečném teplu na vnitřním trhu s energií; nazývá se také směrnicí o kombinované výrobě tepla a elektřiny. Mění směrnici 92/42/EHS.

Účelem této směrnice bylo zvýšit energetickou účinnost a zlepšit zajištění dodávek vytvořením rámce pro podporu a rozvoj společné výroby elektřiny a tepla s vysokou účinností na základě poptávky po užitném teple a úspor primární energie na vnitřním trhu s energiemi, přičemž bylo přihlíženo ke specifickým vnitrostátním okolnostem, zvláště pokud jde o klimatické a hospodářské podmínky. [27]

Definice vysokoúčinné KVET pro nárok na provozní podporu:

- výroba elektřiny v KVET se považuje za rovnou roční výrobě na generátoru, pokud je celková účinnost větší než 75 % (80 % pro plynovou turbínu s kombinovaným cyklem a parní kondenzační odběrovou turbínu),
- společná výroba elektřiny a tepla s vysokou účinností poskytuje úspory primární energie ve výši nejméně 10 % v porovnání s referenčními hodnotami pro samostatnou výrobu tepla a elektrické energie.

Směrnice definuje mimo jiné následující pojmy:

- **hospodářsky odůvodnitelná poptávka** - znamená poptávku, která nepřesahuje potřeby tepla nebo chlazení a která by jinak byla uspokojena za tržních podmínek jinými procesy výroby energie než společná výroba elektřiny a tepla,
- **užitečné teplo** - znamená teplo vyrobené v procesu společné výroby elektřiny a tepla k uspokojení hospodářsky odůvodnitelné poptávky po teplu nebo chlazení. [12]

4.1.2 Směrnice 2012/27/EU

EU si dala za cíl uspořit 20 % energie do roku 2020. Konkrétně si dala 3 hlavní cíle:

- snížit emise skleníkových plynů o 20 %,
- zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie o 20 %,

- snížit spotřebu energie o 20 %. [14]

Zjistilo se, že pomocí dosavadních směrnic těchto cílů nelze dosáhnout a proto se 25. října 2012 zavedla nová směrnice 2012/27/EU. Je to směrnice o energetické účinnosti, o změně směrnic 2009/125/ES a 2010/30/EU a o zrušení směrnic 2004/8/ES a 2006/32/ES.

Hodnocení pokroku v plnění cíle 20 % energetických úspor v EU do roku 2020 bude znovu provedeno v červnu roku 2014. Pokud nebude pokrok dostatečný, budou pro každý stát v oblasti energetické účinnosti určeny závazné cíle. [22]

S čím přichází směrnice 2012/27/EU:

- energetické firmy by měli ušetřit každý rok u svých koncových zákazníků 1,5 % prodané energie,
- energetické audity by měly být pro velké podniky povinné a pravidelné, [15]
- energetické podniky by měly motivovat koncové spotřebitele ke snižování spotřeby energie například výměnou starého kotle za nový a účinnější nebo tepelnou izolací domu,
- spotřebitelé by měli mít možnost lépe regulovat svou spotřebu energie díky přehlednějším informacím uvedeným na elektroměrech a účtech,
- měla by být monitorována účinnost transformace energie. EU navrhuje opatření na případné zvýšení její výkonnosti a prosazuje kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla,
- vnitrostátní regulační orgány by měly energetickou účinnost zohlednit při rozhodování o způsobu a sazbách distribuce energie konečným spotřebitelům,
- na dodavatele energetických služeb se bude vztahovat systém certifikace, který zajistí vysokou úroveň jejich technické způsobilosti,
- v zájmu podpory decentralizované výroby energie by měly členské státy podněcovat k zavádění opatření a postupů na podporu zařízení kombinované výroby tepla a elektřiny s celkovým jmenovitým tepelným příkonem nižším než 20 MW,
- výrobcům elektřiny vyráběné vysoce účinnou kombinovanou výrobou tepla a elektřiny by mělo být umožněno vypsat veřejnou soutěž na práce související s připojením a měl by být usnadněn přístup elektřiny vyráběné vysoce účinnou kombinovanou výrobou tepla a elektřiny, zvláště kogeneračním jednotkám malého výkonu a mikrokogeneračním jednotkám, k rozvodné síti. [6]

4.1.3 Reálný dopad směrnice 2012/27/EU

1. Doporučení

Na základě článku 7 si každý členský stát stanoví povinný systém energetické efektivnosti. Má zabezpečit, aby distributoři energie nebo maloobchodní prodejci energie působící na území členského státu dosáhli kumulativního cíle v oblasti úspor energie u konečných zákazníků do 31. prosince 2020. Tento cíl odpovídá tomu, aby všichni distributoři energie nebo všichni maloobchodní prodejci energie každý rok od 1. ledna 2014 do 31. prosince 2020 dosáhli nových úspor ve výši 1,5 % objemu ročního prodeje energie konečným zákazníkům, který se vypočte na základě průměrného prodeje během tří posledních let před 1. lednem 2013.

1. Dopad

Tento přístup však ovšem nezohledňuje dosavadní investice v oblasti energetické efektivnosti. Ten kdo před nedávnem investoval do nových technologií a má v podstatě optimální efektivnost, jen těžko může v následujících 6 letech snížit spotřebu o dalších 9 %.

2. Doporučení

Na základě článku 20 si členské státy mohou podle nové legislativy zřídit vnitrostátní fond pro energetickou účinnost. Cílem tohoto fondu je podporovat vnitrostátní iniciativy v oblasti energetické účinnosti. Povinné subjekty mohou plnit povinnost vyplývající ze směrnice formou příspěvku do tohoto fondu.

2. Dopad

Problémem je, že by měli přispívat kromě těch subjektů, které jsou nehospodárné i ty, které investovaly do nových technologií a jsou již energeticky efektivní, což je nespravedlivé.

3. Doporučení

V zájmu podpory decentralizované výroby energie by měly členské státy podněcovat k zavádění opatření a postupů na podporu zařízení KVET s celkovým jmenovitým tepelným příkonem nižším než 20 MW.

3. Dopad

Nová směrnice sice podporuje kogenerační výrobu, ovšem dále prohlubuje znevýhodnění teplárenské výroby na úkor lokální výroby.

4.2 Česká legislativa

Obecná podpora KVET je deklarována ve Státní energetické koncepci, i ve Státní politice životního prostředí. Direktiva 2004/08/ES je zapracována v Energetickém zákoně č. 458/2000 Sb. od 1. 1. 2005. Tento zákon byl několikrát doplňován. Paragraf 19 tohoto zákona řeší způsob podpory elektřiny z KVET. ERÚ stanovuje příspěvek k ceně elektřiny. Při stanovení příspěvku k ceně elektřiny zohledňuje ERÚ uplatnění elektřiny na trhu s ohledem na efektivní využívání primárních energetických zdrojů, ochranu životního prostředí a zájem na rozvoji výroby elektřiny z vysoce účinné KVET. ERÚ meziročně upravuje příspěvky k ceně elektřiny v závislosti na změnách cen elektřiny na trhu, cen tepelné energie, cen primárních energetických zdrojů, efektivitě výroby a době využití výrobny elektřiny. [17]

4.2.1 Energetický zákon č. 458/2000 Sb.

Zákon ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů.

Za elektřinu z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla se považuje elektřina:

- která je vyrobena ve společném procesu spojeném s dodávkou užitečného tepla,
- která je vyrobena v zařízení, na které ministerstvo vydalo osvědčení o původu elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla,
- při jejíž výrobě se dosahuje poměrné úspory vstupního paliva, potřebného na výrobu této elektřiny, vyhodnocované měsíčně ve výši nejméně 10 %,
- která splňuje požadavky měsíčně vyhodnocované minimální účinnosti užití energie. [31]

4.2.2 Vyhláška č. 453/2012 sb.

Vyhláška o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů. Ruší vyhlášku č. 344/2009 Sb., o podrobnostech způsobu určení elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla založené na poptávce po užitečném teple a určení elektřiny z druhotných energetických zdrojů.

Tato vyhláška upravuje:

- způsob určení množství elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla,
- vzor žádosti a podmínky pro vydání osvědčení původu elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla,
- vzor žádosti a podmínky pro vydání osvědčení původu elektřiny z druhotných zdrojů. [19]

Touto vyhláškou se stanovuje také výše úspory primární energie (ÚPE) při kombinované výrobě elektřiny a tepla podle vzorce:

$$\text{ÚPE} = \left(1 - \frac{1}{\frac{\eta_q{}^{T}}{\eta_r{}^{V}} + \frac{\eta_e{}^{T}}{\eta_r{}^{E}}} \right) . 100 \quad [\%] \tag{4}$$

přičemž dílčí účinnosti výroby tepla $\eta_q{}^{T}$ a elektřiny $\eta_e{}^{T}$ se stanoví podle vzorců:

$$\eta_q{}^{T} = \frac{Q_{UŽ}}{Q_{PAL\ KVET}} \quad [-] \tag{5}$$

$$\eta_e{}^{T} = \frac{E_{KVET}}{Q_{PAL\ KVET}} \quad [-] \tag{6}$$

kde: $\eta_q{}^{T}$ [-] - účinnost dodávky tepla z KVET,

$\eta_e{}^{T}$ [-] - elektrická účinnost KVET,

$\eta_r{}^{V}$ [-] - výsledná harmonizovaná referenční hodnota účinnosti pro oddělenou výrobu tepla,

$\eta_r{}^{E}$ [-] - výsledná harmonizovaná referenční hodnota účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny,

E_{KVET} [MWh] - elektřina vyrobená v procesu KVET,

$Q_{UŽ}$ [MWh] - množství užitečného tepla,

$Q_{PAL\ KVET}$ [MWh] - spotřeba energie v palivu použitém v procesu kombinované výroby elektřiny a tepla. [19]

4.2.3 Cenové rozhodnutí ERÚ č. 4/2012

Pochází ze dne 26. listopadu 2012 a stanovuje se jim podpora pro podporované zdroje energie. V tab. 4 a tab. 5 je uvedena aktuální výše výkupních cen a zelených bonusů platných pro rok 2013. Pojmy zelený bonus a výkupní cena jsou vysvětleny níže.

Zelený bonus - příplatek k tržní ceně elektřiny, který může získat výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů elektřiny. V případě, že si výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů zvolí režim podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů ve formě zelených bonusů a prodá vlastní elektřinu za tržní cenu jakémukoliv konečnému zákazníkovi či obchodníkovi s elektřinou, má právo inkasovat od provozovatele regionální distribuční soustavy na základě předloženého výkazu zelené bonusy. Výrobce si však musí najít sám svého odběratele elektrické energie. Hlavní výhodou tohoto systému je možnost výrobce přímo ovlivnit výši výnosů za vyrobenou elektřinu, a dosáhnout tak vyššího výnosu než v případě režimu výkupních cen. Nevýhodou systému zelených bonusů je určitá míra nejistoty, neboť výrobce nemá zaručen 100 % odbyt vyrobené elektřiny na trhu, jako tomu je v režimu výkupních cen.

Výkupní ceny - v případě podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů z této formy má provozovatel regionální distribuční soustavy nebo provozovatel přenosové soustavy povinnost od výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů vykoupit veškerý objem vyrobené elektřiny z daného zdroje.

Výkupní ceny i zelené bonusy výrobci vždy hradí provozovatel regionální distribuční soustavy nebo provozovatel přenosové soustavy podle toho, ke které soustavě je připojen. Výkupní ceny a zelené bonusy nelze kombinovat a výrobce si jednou ročně zvolí jeden ze dvou způsobů podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů. [13]

Tab. 4 Základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu pro výrobnu KVET s instalovaným výkonem do 5 MW (včetně) pro rok 2013 [5].

Druh podporovaného zdroje	Instalovaný výkon výrobny [kW]		Provozní hodiny [h/rok]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
	od	do (včetně)		
Kombinovaná výrobna elektřiny a tepla s výjimkou výrobny využívající obnovitelné zdroje nebo degazační a důlní plyn	0	200	3000	2010
	0	200	4400	1540
	0	200	8400	670
	200	1000	3000	1590
	200	1000	4400	1190
	200	1000	8400	590
	1000	5000	3000	1120
	1000	5000	4400	890
	1000	5000	8400	500
Kombinovaná výroba elektřiny a tepla využívající obnovitelné zdroje energie nebo degazační a důlní plyn	0	5000	8400	45
Kombinovaná výroba elektřiny a tepla společně spalující obnovitelné zdroje s neobnovitelnými zdroji a/nebo s druhotnými zdroji nebo neobnovitelné zdroje s druhotnými zdroji v procesu společného spalování	0	5000	8400	45

Tab. 5 základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu pro výrobnu KVET s instalovaným výkonem nad 5 MW pro rok 2013 [5].

Druh podporovaného zdroje	Instalovaný výkon výrobny [kW]		ÚPE [%]		Zelené bonusy [Kč/MWh]
	od	do (včetně)	od	do (včetně)	
Kombinovaná výroba elektřiny a tepla s výjimkou výrobny využívající obnovitelné nebo druhotné zdroje energie	5000	-	10	15	45
	5000	-	15	-	200
Kombinovaná výroba elektřiny a tepla využívající obnovitelné zdroje energie nebo druhotné zdroje	5000	-	10	15	45
	5000	-	15	-	170
Kombinovaná výroba elektřiny a tepla využívající obnovitelné zdroje s neobnovitelnými zdroji a/nebo s druhotnými zdroji nebo neobnovitelné zdroje s druhotnými zdroji v procesu společného spalování	5000	-	10	15	45
	5000	-	15	-	170

4.2.4 Porovnání cenových rozhodnutí ERÚ č. 7/2011 a č. 4/2012

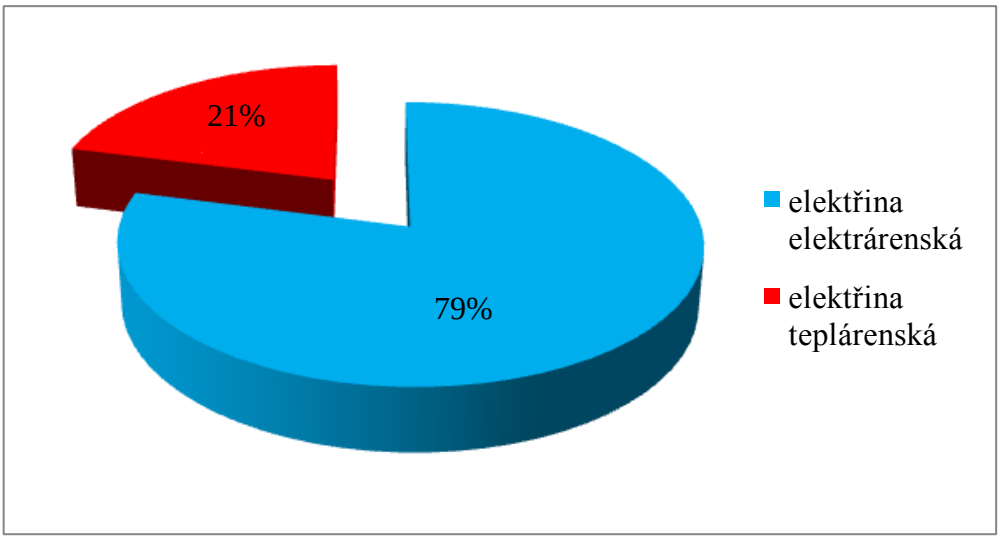
Cenové rozhodnutí ERÚ č. 4/2012 pro rok 2013 přišlo s několika změnami oproti rozhodnutí č. 7/2011 pro rok 2012. Zde jsou ty, které se týkají elektřiny vyrobené z KVET:

- výrobna elektřiny využívající důlní plyn z uzavřených dolů uvedená do provozu do 31. prosince 2012 se považuje za výrobnu elektřiny využívající obnovitelné zdroje energie,
- zelený bonus k vyrobené elektřině už nezávisí na tom, jestli byla vyrobena ve vysokém tarifu (8 nebo 12-ti hodinovém) nebo základním pásmu,
- pro výrobnu KVET s instalovaným výkonem do 5 MW (včetně) se nově vypočítává zelený bonus podle provozních hodin a rozsahu instalovaného výkonu (viz tab. 4),
- pro výrobnu KVET s instalovaným výkonem nad 5 MW je již kladen i důraz na ÚPE, konkrétně musí být dosaženo minimálně 10 % ÚPE k dosažení zeleného bonusu (viz tab. 5),
- výroba elektřiny z KVET se nově rozlišuje do kategorií, podle toho zda výrobna využívá obnovitelné zdroje, druhotné zdroje, případně spaluje tyto zdroje společně s neobnovitelnými zdroji,
- nově jsou také stanoveny doplňkové sazby k základní sazbě, podle druhu podporovaného zdroje.

5 TEPLÁRENSTVÍ V ČR

Tradice teplárenství v ČR sahá do 20. let minulého století a patří k nejrozvinutějším v EU. ČR je zemí s vysokým podílem dodávky tepla z centralizovaných zdrojů. Teplárenství u nás je zdrojově závislé na hnědém uhlí, zemním plynu, o něco méně na černém uhlí a omezeně a lokálně na obnovitelných zdrojích a dále na ropných derivátech (například topné oleje). Jistý potenciál do budoucna se skrývá ve spalování komunálního odpadu.

Z centrální výroby tepla se pokrývá přibližně 41 % celkové spotřeby tepla v ČR. Na soustavy zásobování tepelnou energií je připojeno cca 1,6 milionu domácností. [16, 29] Teplárenství se podílí na tuzemské výrobě elektrické energie zhruba 21 % (viz obr. 10). [30]



Obr. 10 Podíl teplárenství na celkové výrobě elektrické energie [30].

5.1 Aktuální problémy v teplárenství

Teplárenství v ČR se v současné době potýká s několika zásadními problémy. Níže jsou popsány ty nejpodstatnější.

5.1.1 Znevýhodnění v konkurenci na trhu s teplem

Jedinou ekonomickou výhodou teplárenství bylo snížené DPH na teplo, avšak od roku 2013 je absolutně znevýhodněno. V tab. 6Tab. 6 lze vidět znevýhodnění dálkového tepla oproti lokálnímu vytápění.

Opatření pro narovnání konkurenčního prostředí:

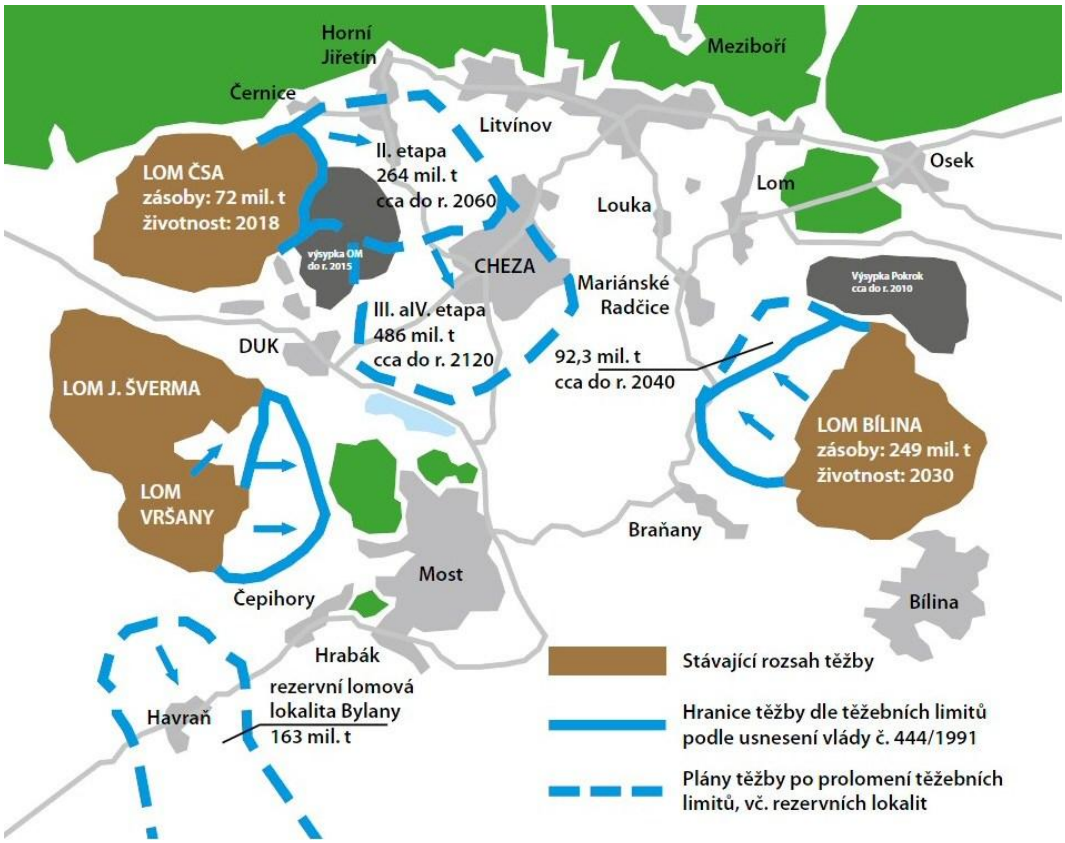
- zrušení neopodstatněné výjimky pro domácnosti a domovní kotelny z ekologické daně na zemní plyn,
- zrušení poplatků za znečišťování ovzduší pro zdroje zahrnuté do emisního obchodování počínaje rokem 2013 (duplicita se směrnicí o průmyslových emisích),
- promítnutí odpovídající „ceny uhlíku“ do spotřební daně uvalené na paliva pro zdroje mimo systém emisního obchodování (pod 20 MW). [16]

Tab. 6 Porovnání dálkového a lokálního vytápění na zemní plyn [29].

Oblast porovnání	Dálkové teplo	Lokální vytápění
Vytápění na zemní plyn	1 x 100 MW	10 000 x 10 kW
Výška komínu	130 m	13 m
Nízkoemisní hořáky	ANO	NE
Emisní limity	ANO	NE
Monitoring emisí	ANO	NE
Ekologická daň (zákon č. 261/2007 Sb.)	ANO	NE
Poplatky za emise (zákon č. 86/2002 Sb.)	ANO	NE
Nákup povolenek CO_2 (zákon č. 695/2004 Sb.)	ANO	NE

5.1.2 Zajištění dostatku paliva

Bez dlouhodobého zajištění paliva nelze přistoupit k obnově výrobní technologie tepláren s životností 30 – 40 let. V roce 2013 se očekává propad těžby hnědého uhlí až o 6,5 milionu tun oproti roku 2012. Potřebu uhlí lze v delším časovém horizontu snížit, nikoli však nahradit. Jen domácí hnědé uhlí může dlouhodobě tvořit páteř českého teplárenství. Bez dlouhodobých kontraktů na dodávky paliva je většina centralizovaných zdrojů odsouzena k zániku. Tím by došlo i k rozpadu systémů CZT. Jediným možným řešením je prolomení těžebních limitů (viz obr. 11) a povolení těžby vázat na dodávky teplárnám a podporu KVET. [16]



Obr. 11 Mapa limitů těžby a plánů těžební společnosti [11].

Třetím nejvyužívanějším palivem v soustavě CZT je černé uhlí. Zhruba polovina uhlí, co se v ostravsko-karvinské uhelné pánvi vytěží, je koksovatelné a zbytek je uhlí energetické. Ročně se u nás vytěží okolo 10 – 12 milionu tun černého uhlí. Více jak polovina vytěženého uhlí se ovšem vyváží, čímž se připravujeme o kvalitní surovinu.

Dále je možné využít jako palivo biomasu, jenže od 1. 1. 2013 byla podpora biomasy výrazně omezena a do budoucna počítá ministerstvo s úplným zastavením pro nové zdroje. Bez provozní podpory budou do budoucna možnosti pro náhradu uhlí biomasou minimální. Řada tepláren kvůli snížení podpory od 1. 1. 2013 výrazně omezila nebo dokonce úplně zastavila spoluspalování biomasy s uhlím.

Velký potenciál se naskýtá u energetického využití odpadů. Výhřevnost odpadu se dokonce blíží výhřevnosti hnědého uhlí. Spalování odpadů by bylo prospěšné z více hledisek, ovšem v současné době je problém s přijetím u veřejnosti a s českou odpadovou legislativou, která nezajišťuje plnění závazků v oblasti odpadového hospodářství.

Jako další varianta paliva připadá v úvahu zemní plyn, který je k dispozici v dostatečném množství (ovšem z dovozu), ale je až 5× dražší při výrobě jednoho gigajoulu z paliva. Dále by šlo využít odpadní teplo z jaderných elektráren, ekonomicky rentabilní je to však zatím pro České Budějovice a možná i Brno. [21, 29]

5.1.3 Vyhovění požadavkům směrnice o průmyslových emisích

Směrnice o průmyslových emisích 2010/75/EU zásadně zpřísňuje emisní limity pro SO_2, NO_x a prach. K dodržení těchto limitů je potřeba u nás investovat okolo 30 – 40 miliard Kč. Investice však nelze provést, pokud nebude známo palivo a dokud chybí elementární stabilita podnikatelského prostředí.

Pro nové zdroje budou tyto limity platit od roku 2016, pro stávající je přechodné období. Teplárny s příkonem do 200 MW musí splňovat limity do roku 2022. Do konce roku 2013 musí padnout závazné rozhodnutí o využití přechodného období pro zdroje s omezenou životností. Po roce 2016 bude možno pouze 17500 hodin provozu (při plném vytížení cca 2 roky). Po překročení provozních hodin se musí zdroj definitivně odstavit. [16]

5.1.4 Vytvoření dlouhodobě stabilního prostředí pro investice

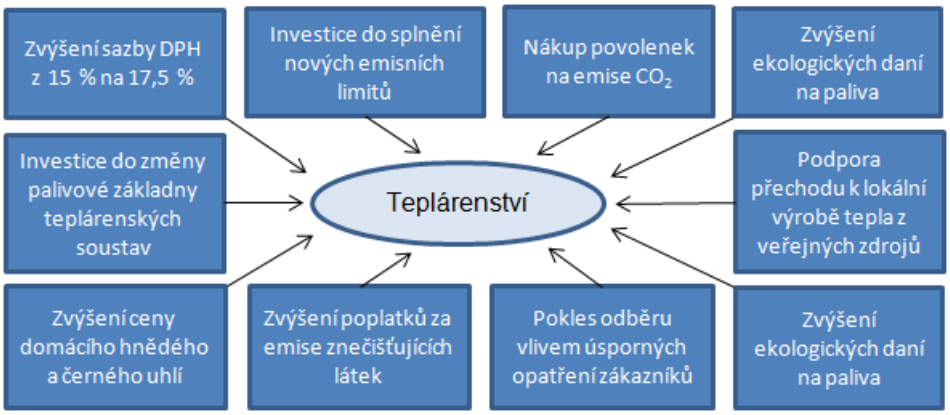
Problémy teplárenství se nemůžou za stávajících legislativních podmínek vyřešit. Je potřeba nastavit spravedlivé a dlouhodobě garantované podmínky na trhu s teplem. Pokud nastane nestabilní prostředí, tak nelze očekávat investice. Bez investic se nemůže teplárenství modernizovat a bez modernizace nemůže přežít. [16]

5.2 Kritický scénář

Hrozby, které by mohly reálně nastat:

- zvýšení ceny tepelné energie v řádu desítek procent (viz obr. 12) a následná ztráta konkurenceschopnosti teplárenství na trhu,
- ekonomicky motivovaný přechod části zákazníků na lokální vytápění by mohl vést dalšímu zvýšení cen tepla,
- privátní vlastníci tepláren by mohli ztratit zájem o jejich další rozvoj a mohli by zastavit investice do modernizace,

- komunální vlastníci tepláren by byli nuceni provoz dotovat z veřejných prostředků a na ekologizační investice by jim nezbyly prostředky,
- bez investic do modernizace tepláren se nesplní zpřísněné emisní limity požadované EU po roce 2016,
- mohlo by dojít až k rozpadu teplárenství s negativními důsledky pro ekonomiku i kvalitu ovzduší. [16]



Obr. 12 Faktory zvyšující cenu tepla v nebližších letech [29].

ZÁVĚR

Jedním z cílů mé práce bylo představit technologii kogenerace a uvést možnosti jejího uplatnění. Z uvedených míst pro uplatnění bych chtěl zejména vyzdvihnout spalovny komunálního odpadu, u kterých se počítá do budoucna s velkým rozšířením. Vychází to i z nařízení EU, která ukládá všem členským zemím podstatně změnit dosavadní způsoby nakládání s nepotřebným komunálním odpadem. Spalováním odpadů se vyřeší „kam s ním“ a zároveň získáme z tohoto procesu elektřinu a teplo.

Ve své práci jsem se dále snažil zachytit dopad nové směrnice EU o energetické účinnosti 2012/27/EU, která nahradila směrnici 2004/8/ES z důvodu toho, že předchozí směrnice nevedla k vytyčenému cíli EU a to konkrétně o 20 % snížit emise skleníkových plynů, zvýšit podíl obnovitelných zdrojů energie a snížit spotřebu energie. Je zřejmé, že tento cíl si vyžádá obrovské investice do nových technologií.

Pro teplárenství je to další z řady nepříznivých vývojů, které jsem se snažil zachytit. Mezi současné problémy v teplárenství patří znevýhodnění oproti lokálnímu vytápění, které je dále podporované v již zmiňované směrnici. Problémem také je zajištění dostatku paliva a to zejména hnědého uhlí, které je v teplárenství nejvyužívanější.

V březnu letošního roku měl být schválen velice důležitý dokument pro českou energetiku a to aktualizovaná státní energetická koncepce. Termín se však posouvá prozatím na konec září roku 2013. Koncepce momentálně podléhá procesu posuzování vlivu na životní prostředí. Prozatímní návrh koncepce obsahuje pro teplárenství řadu pozitivních kroků a návrhů například obsahuje požadavek, aby bylo kvalitní hnědé uhlí přednostně využíváno v procesu KVET, tedy v teplárnách.

V praxi však vývoj pro teplárenství není příznivý. Skupina ČEZ v rámci dohody o narovnání, jejímž cílem bylo posílení konkurence na trhu, se rozhodla prodat elektrárnu Chvaletice společnosti Litvínovská uhelná, která chce pro tuto elektrárnu využívat své uhlí z lomu ČSA, kde se těží nejkvalitnější hnědé uhlí v ČR. Problémem ovšem je, že skupina ČEZ chtěla tuto elektrárnu uzavřít po roce 2016, protože pro ni neměla uhlí. Z prodloužení provozu Chvaletic plyne, že uhlí bude ubývat před limity daleko rychleji, než se například plánovalo v původním návrhu aktualizované státní energetické koncepci.

Na závěr bych chtěl uvést, že technologie KVET významně zvyšuje účinnost využívání primárního zdroje energie a měla by ji být ze strany státu (potažmo celé EU) věnovaná mnohem větší pozornost. Je to jedna z cest, díky které můžeme dosáhnout cílů evropské energetické politiky a zajistit si delší soběstačnost na svých vlastních energetických zdrojích (především uhlí).

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] BusinessInfo.cz: Energetická politika EU a její nástroje. [online]. 16. 6. 2009 [cit. 2013-02-24]. Dostupné z: http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/energeticka-politika-eu-nastroje-5132.html

[2] Co je mikrokogenerace?. *MIKROKOGENERACE.CZ* [online]. [cit. 2013-02-17]. Dostupné z: http://www.mikrokogenerace.cz/co-je-mikrokogenerace/

[3] DVORSKÝ, Emil a Pavla HEJTMÁNKOVÁ. *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 287 s. ISBN 80-730-0118-7.

[4] EkoWATT: KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTŘINY A TEPLA. [online]. [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/kombinovana-vyroba-elektriny-a-tepla

[5] Energetický regulační věstník. In: v Jihlavě, 27. 11. 2012, roč. 12, 8/2012. Dostupné z: http://www.eru.cz/user_data/files/ERV/ERV8_2012.pdf

[6] EU. SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2012/27/EU. In: 25. 10. 2012. Dostupné z: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:CS:PDF

[7] JANČAR, Rostislav. Prozkoumali jsme jedinou černouhelnou elektrárnu v Česku. Technet.cz [online]. 16. 6. 2007 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/prozkoumali-jsme-jedinou-cernouhelnou-elektrarnu-v-cesku-pnw-/tec_technika.aspx?c=A070202_122622_tec_technika_rja

[8] KARAFIÁT, J. a kolektiv. SBORNÍK TECHNICKÝCH ŘEŠENÍ ZDROJŮ S KOMBINOVANOU VÝROBOU ELEKTŘINY A TEPLA [online]. Praha, říjen 2006[cit. 2013-03-19]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/dokument/15.pdf

[9] KOUDELKA, Ctirad. Kogenerační jednotky. Ostrava, 2004. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat420/vyuka/TZB/kogeneracni_jednotky.pdf.

[10] KRBEK, Jaroslav, Ladislav OCHRANA a Bohumil POLESNÝ. *Zásobování teplem a kogenerace*. 1 vyd. Brno: PC-DIR Real, 1999, 143 s. ISBN 80-214-1347-6.

[11] Limity těžby. [online]. [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: http://www.archiv-greenpeace.cz/zitnebotezit/postup.tezby.jpg

[12] MÁLEK, Bohuslav a Tomáš VOŘÍŠEK. Perspektivy KVET z biomasy po r. 2012: Význam kombinované výroby elektřiny a tepla z biomasy. In: [online]. 27.11.2012 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: http://www.chp-goes-green.info/sites/default/files/1-Malek_Vyznam-KVET-z-biomasy%281%29.pdf

[13] Neon Partner: Časté otázky. [online]. 2009 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: http://www.neonpartner.cz/FAQ.html

[14] Nová směrnice o energetické účinnosti [online]. 22. 6. 2011[cit. 2013-02-15]. Dostupné z:http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/doc/2011_directive/country/20110622_energy_efficiency_directive_cs_slides_presentation.pdf

[15] Nová směrnice o energetické účinnosti: Povinnost. KINSTELLAR. SME UNION [online]. 14. 11. 2012 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: www.sme-union.cz/15112012/5_blazek.pptx

[16] NOVÁČEK, Alexej. Energetický zákon z pohledu teplárenství. In: [online]. 6. 4. 2011 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: http://aem.cz/ostatni-soubory/aem/aktuality/1/4-novacek-tscr.pdf

[17] Podpora kogenerace. ČEZ ENERGO [online]. [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: http://www.cez.cz/kogenerace/cs/o-kogeneraci/podpora-kogenerace.html

[18] POSPÍŠIL, Jiří. Klimatizace a chlazení: Chladicí oběhy, trigenerace, dálkové chlazení. Tzb-info [online]. 10. 10.2011 [cit. 2013-02-17]. Dostupné z: http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazeni/7910-chladici-obehy-trigenerace-dalkove-chlazeni

[19] Předpis č. 453/2012 Sb. Zákony pro lidi: Předpis č. 453/2012 Sb. [online]. 13. 12. 2012 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-453

[20] RAYO: MALÉ KOGENERAČNÍ JEDNOTKY. [online]. [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: http://www.rayo.cz/cs/sluzby/male-kogeneracni-jednotky

[21] Rekonstrukce tepelných sítí je oblastí, která by měla být podpořena přednostně. ENERGETIKA. 1. 4. 2013, roč. 63, č. 4, s. 213-214. ISSN 0375-8842.

[22] Shrnutí pro veřejnost: Návrh EU na snížení spotřeby energie díky zvýšení energetické účinnosti [online]. 2012 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/doc/2011_directive/country/20110622_energy_efficiency_directive_cs_citizen_summary.pdf

[23] SLIVKA, Vladimír. et al. Studie stavu teplárenství [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011 [cit. 2013-02-23]. Dostupné z: http://www.mpo.cz/dokument85256.html

[24] Soustava zásobování teplem. Teplárenské sdružení ČR: Kombinovaná výroba elektřiny a tepla [online]. [cit. 2013-03-16]. Dostupné z:

http://www.tscr.cz/schema/?ids=10&h=550&x=611236

[25] STUPAVSKÝ, Vladimír: Mikrokogenerace a trigenerace. Biom.cz [online]. 2010-08-09 [cit. 2013-04-14]. Dostupné z WWW: http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mikrokogenerace-a-trigenerace. ISSN: 1801-2655.

[26] TEDOM: Možnosti nasazení. [online]. [cit. 2013-02-24]. Dostupné z: http://kogenerace.tedom.com/moznosti-nasazeni-reference.html

[27] TEPLÁRENSKÉ SDRUŽENÍ ČR. Právní předpisy pro kombinovanou výrobu - Česká republika: Cenové rozhodnutí [online]. [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: http://www.kombinovana-vyroba.cz/?id=152010#

[28] Teplárenství - Dodávka energie. Moje energie [online]. [cit. 2013-03-16]. Dostupné z: http://www.mojeenergie.cz/cz/teplarenstvi-dodavka-energie

[29] VECKA, Jiří. Teplárenství v ČR. [online]. 25. 4. 2012 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: http://www.teplarenske-dny.cz/PDFs/4_J_VECKA_TSCR.pdf

[30] Závěry pracovní komise pro teplárenství. [online]. s. 30 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: http://download.mpo.cz/get/43671/48998/575647/priloha001.pdf

[31] Zpráva o pokroku v oblasti kombinované výroby elektřiny a tepla v české republice podle směrnice 2004/8/ES. Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. 2012 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: http://www.kombinovana-vyroba.cz/download.php?file=zprava_pokrok2

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CZT	[-]	centrální zásobování teplem
DZT	[-]	decentralizované zásobování teplem
ERÚ	[-]	energetický regulační úřad
EU	[-]	evropská unie
KJ	[-]	kogenerační jednotka
KVET	[-]	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
ORC	[-]	organický Rankinův cyklus
PJ	[-]	pohonná jednotka
TUV	[-]	teplá užitková voda
ÚPE	[%]	úspora primární energie

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Symbol	Jednotka	Popis
E_{KVET}	[GJ, MWh]	elektřina vyrobená v procesu KVET
$P_{E,n}$	[W]	jmenovitý elektrický výkon
Q_{KVET}	[GJ, MWh]	teplo vyrobené v procesu KVET
Q_{PAL}	[-]	množství paliva
$Q_{PAL\,KVET}$	[MWh]	spotřeba energie v palivu použitém v procesu KVET
$Q_{UŽ}$	[MWh]	množství užitečného tepla
η^{KVET}	[%]	účinnost kombinované výroby elektrické a tepelné energie
η^{ODV}	[%]	účinnost oddělené výroby elektrické a tepelné energie
η_E^{PAL}	[-]	účinnost transformace paliva při výrobě elektrické energie
$\eta_{KVET,E}^{PAL}$	[-]	účinnost transformace paliva při kogenerační výrobě elektrické energie
$\eta_{KVET,T}^{PAL}$	[-]	účinnost transformace paliva při kogenerační výrobě tepelné energie
η_T^{PAL}	[-]	účinnost transformace paliva při výrobě tepelné energie
η_e^T	[-]	elektrická účinnost KVET
η_q^T	[-]	účinnost dodávky tepla z KVET
η_r^E	[-]	výsledná harmonizovaná referenční hodnota účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny
η_r^V	[-]	výsledná harmonizovaná referenční hodnota účinnosti pro oddělenou výrobu tepla
σ	[-]	teplárenský modul

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Porovnání účinnosti výroby elektrické a tepelné energie. 10
Obr. 2 CZT podle druhů paliv v roce 2008 [23] 14
Obr. 3 Soustava CZT [24]. 15
Obr. 4 DZT podle druhů paliv v roce 2008 [23]. 16
Obr. 5 Příklad kogenerační jednotky se spalovacím motorem [26]. 18
Obr. 6 Schéma trigeneračního systému [18]. 20
Obr. 7 Umístění KJ v rodinném domě [25]. 22
Obr. 8 Stirlingův motor s automatickým kotlem na pelety [25]. 22
Obr. 9 Schéma připojení akumulační nádrže [20]. 22
Obr. 10 Podíl teplárenství na celkové výrobě elektrické energie [30]. 29
Obr. 11 Mapa limitů těžby a plánů těžební společnosti [11]. 30
Obr. 12 Faktory zvyšující cenu tepla v nebližších letech [29]. 32

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Uplatnění KJ na různých místech. 11
Tab. 2 Parametry PJ využívaných pro KJ [3]. 17
Tab. 3 Porovnání PJ využívaných pro KJ [3, 8]. 19
Tab. 4 Základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu pro výrobnu KVET s instalovaným výkonem do 5 MW (včetně) pro rok 2013 [5]. 27
Tab. 5 základní sazba ročního zeleného bonusu na elektřinu pro výrobnu KVET s instalovaným výkonem nad 5 MW pro rok 2013 [5]. 28
Tab. 6 Porovnání dálkového a lokálního vytápění na zemní plyn [29]. 30